

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. März 2004 (11.03.2004)

PCT

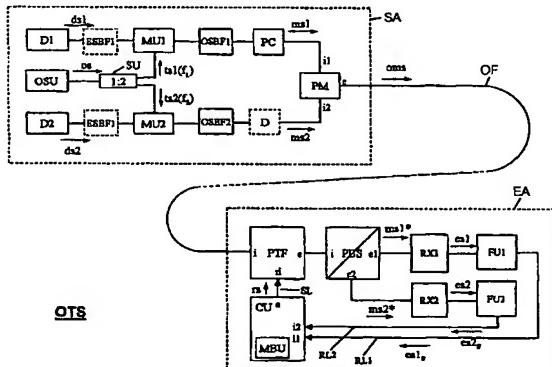
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/021618 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H04J 14/06**
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002272
- (22) Internationales Anmeldedatum:
7. Juli 2003 (07.07.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
102 36 603.9 9. August 2002 (09.08.2002) DE
- (71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): GLINGENER, Christoph [DE/DE]; Aschbach 40 B, 83620 Feldkirchen-Westerham (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (*national*): CN, US.
- (84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- Veröffentlicht:
— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR TRANSMITTING AT LEAST ONE FIRST AND SECOND DATA SIGNAL IN POLARIZATION MULTIPLEX IN AN OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ÜBERTRAGUNG VON MINDESTENS EINEM ERSTEN UND ZWEITEN DATENSIGNAL IM POLARISATIONSMULTIPLEX IN EINEM OPTISCHEN ÜBERTRAGUNGSSYSTEM



WO 2004/021618 A1

(57) Abstract: The invention relates to a method for transmitting at least one first and second data signal (ds1, ds2) in polarization multiplex. To this end, the invention provides that, in a first step, the first data signal (ds1) is, on the transmit side, modulated to a sideband (SB1) of a first carrier signal (ts) for generating a first sideband-modulated signal (ms1), and the second data signal (ds2) is modulated to a sideband (SB2) of a second carrier signal (ts) in order to generate a second sideband-modulated signal (ms2). In a second step, the first and second sideband-modulated signal (ms1, ms2) are subsequently polarized orthogonal to one another, combined to form an optical multiplex signal (oms) and transmitted. In a third step, the optical multiplex signal (oms) is, on the receive side, guided via a polarization control element (PCE) to a polarization splitter (PBS) that separates the transmitted optical multiplex signal (oms) into the first and second sideband-modulated signal (ms1, ms2). In a fourth step, the first sideband-modulated signal (ms1) is converted into a first electrical signal (es1) and/or the second sideband-modulated signals (ms2) are/is converted into a second electrical signal (es2). In a fifth step, the first and/or second electrical signal (es1, es2) are/is evaluated and at least one control signal (rs) for controlling the polarization control element (PCE) is derived on the basis of this evaluation.

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Übertragung von mindestens einem ersten und zweiten Datensignal (ds1, ds2) im Polarisationsmultiplex wird in einem ersten Schritt sendeseitig das erste Datensignal (ds1) auf ein Seitenband (SB1) eines ersten Trägersignals (ts) zur Erzeugung eines ersten seitenbandmodulierten Signals (ms1)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

und das zweite Datensignal (ds2) auf ein Seitenband (SB2) eines zweiten Trägersignals (ts) zur Erzeugung eines zweiten seitenbandmodulierten Signals (ms2) moduliert. Anschließend wird in einem zweiten Schritt das erste und zweite seitenbandmodulierte Signal (ms1, ms2) zueinander orthogonal polarisiert sowie zu einem optischen Multiplexsignal (oms) zusammengefasst und übertragen. Das optische Multiplexsignal (oms) wird in einem dritten Schritt empfangsseitig über ein Polarisationsstellglied (PTF) an einen Polarisationssplitter (PBS) geführt, der das übertragene optische Multiplexsignal (oms) in das erste und zweite seitenbandmodulierte Signal (ms1, ms2) auftrennt. In einem vierten Schritt wird das erste seitenbandmodulierte Signal (ms1) in ein erstes elektrisches Signal (es1) und/oder das zweite seitenbandmodulierte Signal (ms2) in ein zweites elektrisches Signal (es2) umgesetzt und in einem fünften Schritt wird das erste und/oder das zweite elektrischen Signal (es1, es2) bewertet sowie abhängig davon mindestens ein Regelsignal (rs) zur Regelung des Polarisationsstellgliedes (PTF) abgeleitet.

Beschreibung

Verfahren zur Übertragung von mindestens einem ersten und
5 zweiten Datensignal im Polarisationsmultiplex in einem opti-
schen Übertragungssystem

Bei optischen Übertragungssystemen wird eine Erweiterung der
Übertragungskapazität von bereits bestehenden optischen Über-
10 tragungssystemen dadurch ermöglicht, daß die optischen Daten-
signale im Polarisationsmultiplex übertragen werden. Zur
Übertragung von optischen Datensignalen im Polarisationsmul-
tiplex werden jeweils zwei Trägersignale in mindestens einer
Sendeanordnung mit derselben Wellenlänge erzeugt, die jeweils
15 mit einem Datensignal moduliert werden. Das erste und zweite
modulierte Signal weisen hierbei eine zueinander orthogonale
Polarisation auf. Die zueinander orthogonal polarisierten mo-
dulierten Signale werden zu einem optischen Polaristionsmul-
tiplexsignal zusammengefasst. Das optische Polaristionsmul-
20 tiplexsignal wird in die optische Übertragungsfaser eingekop-
pelt und über die optische Übertragungsstrecke zu einer Emp-
fangseinheit übertragen. Empfangsseitig werden die beiden or-
thogonal polarisierten modulierten Signale wellenlängenabhän-
25 gig und polarisationsabhängig aus dem Polarisationsmultiplex-
signal rückgewonnen.

Die Rückgewinnung der beiden orthogonal polarisierten modu-
lierten Signale aus dem Polaristionsmultiplexsignal stellt
hierbei eines der Probleme bei der Übertragung von optischen
30 Datensignalen im Polarisationsmultiplex dar. Hierzu ist es
erforderlich aus dem übertragenen optischen Polaristionsmul-
tiplexsignal ein Regelkriterium zur Regelung eines empfangs-
seitig angeordneten Polarisationsstellgliedes zu ermitteln.
Mit Hilfe des anhand des geeigneten Regelkriteriums geregel-
35 ten Polarisationsstellgliedes und beispielsweise eines nach-
folgenden Polarisationssplitters oder eines Polarisationsfil-

ters werden die zueinander orthogonal polarisiert übertragenen modulierten Signale getrennt.

Für die Regelung der empfangsseitigen Trennung der beiden orthogonal polarisierten Signale sind unterschiedliche Regelkriterien bekannt. Aus der Veröffentlichung „Optical polarization division multiplexing at 4GB/S“, von Paul M. Hill et al., IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 4, No. 5, Mai 1992 ist die Verwendung von kohärenten Techniken in Kombination mit Pilottonen zur Rekonstruktion bzw. Trennung der polarisationsgemultiplexten optischen Signale bekannt. Ferner ist aus der Veröffentlichung „Fast Automatic Polarization Control System“, Heismann and Whalen, IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 4, No. 5, Mai 1992 eine Trennung der polarisationsgemultiplexten optischen Datensignale anhand eines aus dem wiedergewonnenen Takt sowie den empfangenen optischen Signalen erzeugten Korrelationssignals bekannt. Zusätzlich ist aus der deutschen Patentanmeldung 10147892.5 ein Frequenzversatzverfahren zur empfangsseitigen Trennung von polarisationsgemultiplexten optischen Datensignalen bekannt, bei dem sendeseitig zur Übertragung der beiden Datensignale zwei eine Differenzfrequenz aufweisende Trägersignale verwendet werden und zur empfangsseitigen Trennung der beiden Datensignale das Spektrum der übertragenen Datensignale bei der Differenzfrequenz zur Regelung eines Polarisationssteilgliedes ausgewertet wird.

Darüber hinaus ist aus der Veröffentlichung von Mike Sieben, et al., „Optical Single Sideband Transmission at 10 Gb/s Using Only Electrical Dispersion Compensation“, Journal of Lightwave Technology, Vol. 17, No. 10, October 1999 ein Verfahren zur „Einseitenband“-Übertragung von optischen Signalen bekannt, bei dem sendeseitig mit Hilfe mindestens eines Mach-Zehnder-Modulators aus einem digitalen Basisbandsignal unter Verwendung einer Hilbert-Transformation ein optisches Einseitenbandsignal erzeugt wird. Durch die Übertragung in nur einem Seitenband wird der nichtlineare Effekt der chromatischen

Faserdispersion reduziert sowie die optische Übertragungsbandbreite erhöht.

Die Aufgabe der Erfindung ist darin zu sehen, ein neuartiges
5 Verfahren für die Übertragung von hochbitratigen optischen
Signalen im Polarisationsmultiplex mit erhöhter Übertragungs-
bandbreite anzugeben.

Die Aufgabe wird ausgehend von einem Verfahren gemäß Patent-
10 anspruch 1 gelöst.

Der wesentliche Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist
darin zu sehen, daß zur Übertragung von mindestens einem ers-
ten und zweiten Datensignal im Polarisationsmultiplex in ei-
15 nem optischen Übertragungssystem in einem ersten Schritt sen-
deseitig das erste Datensignal auf ein Seitenband eines ers-
ten Trägersignals zur Erzeugung eines ersten seitenbandmodu-
liertes Signal und das zweite Datensignal auf ein Seitenband
eines zweiten Trägersignals zur Erzeugung eines zweiten sei-
20 tenbandmodulierte Signals moduliert wird. In einem zweiten
Schritt werden das erste und zweite seitenbandmodulierte Sig-
nal zueinander orthogonal polarisiert sowie zu einem opti-
schen Multiplexsignal zusammengefasst und übertragen. In ei-
nem dritten Schritt wird empfangsseitig das optische Multipli-
25ексignal über ein Polarisationsstellglied an einen Polarisa-
tionssplitter geführt, der das übertragene optische Multipli-
exelsignal in das erste und zweite modulierte Signal auf-
trennt. Ferner werden in einem vierten Schritt das erste sei-
tenbandmodulierte Signal in ein erstes elektrisches Signal
30 und/oder das zweite seitenbandmodulierte Signal in ein zwei-
tes elektrisches Signal umgesetzt und in einem fünften
Schritt das erste und/oder das zweite elektrische Signal be-
wertet sowie abhängig davon mindestens ein Regelsignal zur
Regelung des Polarisationsstellgliedes abgeleitet. Vorteil-
35 haft wird durch das erfindungsgemäße Verfahren die Übertra-
gung von Datensignalen mit einer hohen spektralen Effizienz
möglich. Durch die erfindungsgemäße Kombination der Einsei-

tenband- bzw. Restseitenbandmodulation sowie der optischen Polarisationsmultiplextechnik ergeben sich vorteilhaft erhöhte Toleranzbereiche für das optische Übertragungssystem gegenüber von nichtlinearen Effekten beispielsweise der chromatischen Faserdispersion.

Vorteilhaft werden zur Übertragung der beiden optischen Datensignale zwei sich um eine Differenzfrequenz unterscheidende Trägersignale verwendet. Sendeseitig wird zur Bewertung 10 des ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals der spektrale Anteil des ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals bei der Differenzfrequenz ermittelt. Zur exakten empfangsseitigen Trennung des ersten und zweiten, im Polarisationsmultiplex übertragenen seitenbandmodulierten Signals wird 15 zumindest ein empfangsseitig angeordnetes Polarisationsstellglied geregelt, wobei die quadrierende Eigenschaft eines opto-elektrischen Wandlers, beispielsweise einer Photodiode, hierbei zur Gewinnung eines Regelkriteriums ausgenutzt wird. Aufgrund dieser quadrierenden Eigenschaften entstehen im elektrischen Spektrum des am Ausgang des opto-elektrischen 20 Wandlers abgegebenen elektrischen Signals bei der Differenzfrequenz unerwünschte spektrale Anteile, sofern die mit Hilfe des Polarisationsplitters durchgeführte Trennung der beiden im Polarisationsmultiplex übertragenen seitenbandmodulierten 25 Signale nicht exakt ist. Diese bei der Differenzfrequenz liegenden spektralen Anteile entstehen sowohl im ersten als auch im zweiten elektrischen Signal. Die Amplitude dieser spektralen Anteile wird zur Bildung zumindest eines Regelsignals für die Steuerung des Polarisationsstellgliedes ausgewertet. 30 Hierbei wird das Polarisationsstellglied beispielsweise mit Hilfe des mindestens einen Regelsignals derart gesteuert, daß der bei der Differenzfrequenz entstehende spektrale Anteil minimal wird. Mit Hilfe eines derartigen scharfen Regelkriteriums wird eine möglichst exakte empfangsseitige Trennung der 35 beiden im Polarisationsmultiplex übertragenen seitenbandmodulierten Signale möglich.

Vorteilhaft wird das erste oder zweite seitenbandmodulierte Signal sendeseitig verzögert, wodurch eine effektive Dekorrelation des ersten und zweiten seitenbandmodulierten Signals erreicht wird. Hierdurch wird die Schärfe des Regelkriteriums 5 zusätzlich erhöht.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, daß zur Unterscheidung des ersten und zweiten elektrischen Signals sendeseitig dem ersten und/oder dem zweiten Trägersignal 10 mindestens ein Pilottonsignal überlagert wird. Vorteilhaft wird alternativ dem ersten und/oder zweiten seitenbandmodulierten Signal ein Pilotton mit einer festgelegten Frequenz überlagert, anhand dessen nach der sendeseitigen Trennung des ersten und zweiten seitenbandmodulierten Signals mit Hilfe 15 des Polarisationsplitters und der Umsetzung in ein erstes und zweites elektrisches Signal eine eindeutige Identifizierung des ersten und zweiten elektrischen Signal als solche möglich wird. Alternativ können zur Unterscheidung des ersten und zweiten elektrischen Signals das erste und das zweite Datensignal mit unterschiedlichen Übertragungsbitraten oder Datenformaten übertragen werden. In einer weiteren alternativen Ausführungsform weisen das erste und zweite Datensignal unterschiedliche Übertragungsbitraten auf und somit kann empfangsseitig das jeweilige elektrische Signal vorteilhaft an- 20 hand der zugeordneten Übertragungsbitrate identifiziert. 25

Zusätzliche vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäß Verfahrens sind den weiteren Ansprüchen zu entnehmen.

30 Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäß Verfahrens sowie des erfindungsgemäß optischen Übertragungssystem sind im folgenden anhand eines Prinzipschaltbildes und mehreren Diagrammen näher erläutert.

35 Figur 1 zeigt beispielhaft ein optisches Übertragungssystem zur Übertragung mindestens eines ersten

und zweiten, auf ein Seitenband von Trägersignalen moduliertes Datensignal im Polarisationsmultiplex,

5 Figuren 2a-d zeigen beispielhaft die Leistungsspektren der ersten und zweiten Seitenbandmodulierten Signale, und

Figur 3 zeigt den Amplitudenverlauf des ermittelten spektralen Anteils bei der Differenzfrequenz in Abhängigkeit des Polarisationswinkels.

10

In Figur 1 ist beispielhaft ein optisches Übertragungssystem OTS schematisch dargestellt, das eine Sendeanordnung SA sowie eine über eine optische Übertragungsfaser OF angeschlossene Empfangsanordnung EA aufweist. In der Sendeanordnung SA sind
15 beispielhaft eine erste und zweite Dateneinheit D1, D2, eine optische Signalerzeugungseinheit OSU, eine optische Splittereinheit SU, eine erste und zweite Modulatoreneinheit MU1, MU2, eine erste und zweite optische Seitenbandfiltereinheit OSBF1, OSBF2, ein Polarisationskontroller PC sowie ein Pola-
20 risationsmultiplexer PM vorgesehen. Die Empfangsanordnung EA umfaßt ein Polarisationsstellglied PTF, einen Polarisations- splitter PBS, einen ersten und zweiten opto-elektrischen Wandler RX1, RX2, eine erste und zweite Filtereinheit FU1, FU2 sowie eine Regeleinheit CU. Die Regeleinheit CU weist zu-
25 sätzlich eine Meß- und Bewertungseinheit MBU auf.

Die erste Dateneinheit D1 der Sendeanordnung SA ist an die erste Modulatoreneinheit MU1 angeschlossen, die über die erste optische Seitenbandfiltereinheit OSBF1 und den Polarisations-
30 kontroller PC mit dem ersten Eingang i1 des Polarisations- multiplexers PM verbunden ist. Die zweite Dateneinheit D2 ist mit der zweiten Modulatoreneinheit MU2 verbunden, die über die zweite optische Seitenbandfiltereinheit OSBF2 sowie optional über ein Verzögerungselement D an den zweiten Eingang e2 des Polarisationsmultiplexers PM angeschlossen ist. Die Opti-
35 onalität des Verzögerungselementes D ist in Figur 1 durch eine strichliert gezeichnete Linie angedeutet. Darüber hinaus

sind optional eine erste und zweite elektrische Seitenbandfiltiereinheit ESBF1,ESBF2 vorgesehen, die zwischen der ersten Dateneinheit D1 und dem ersten Multiplexer MU1 bzw. zwischen der zweiten Dateneinheit D2 und dem zweiten Multiplexer MU2 5 eingeschaltet sind. Wahlweise können zur Erzeugung der elektrischen bzw. optischen Seitenbandsignale entweder die erste und zweite elektrische Seitenbandfiltiereinheit ESBF1,ESBF2 oder die erste und zweite optische Seitenbandfiltiereinheit OSBF1,OSBF2 eingesetzt werden.

10

Die optische Signalerzeugungseinheit OSU ist über die optischen Splittereinheit SU, die beispielsweise ein Teilungsverhältnis von 1:2 aufweist, an die erste und zweite Modulatorseinheit MU1,MU2 angeschlossen.

15

An den Ausgang e des Polarisationsmultiplexers PM ist die optischen Übertragungsfaser OF angeschlossen, deren Ausgang an den Eingang i des Polarisationsstellgliedes PTF der Empfangsanordnung EA geführt ist. Hierbei kann die optische Übertragungsfaser OF mehrere - nicht in Figur 1 dargestellte - optische Übertragungsfaserabschnitte umfassen.

Der Ausgang e des Polarisationsstellgliedes PTF ist an den Eingang i des Polarisationsplitters PBS angeschlossen. Des 25 sen erster Ausgang el ist mit dem ersten opto-elektrischen Wandlers RX1 und dessen zweiter Ausgang mit dem zweiten opto-elektrischen Wandler RX2 verbunden. Der erste bzw. zweite opto-elektrische Wandler RX1, RX2 sind an die erste bzw. zweite Filtereinheit FU1, FU2 angeschlossen. Die erste Filtereinheit 30 FU1, sowie die zweite Filtereinheit FU2 sind beispielsweise über eine erste bzw. eine zweite Regelleitung RL1, RL2 mit dem ersten bzw. zweiten Eingang i1, i2 der Regeleinheit CU verbunden, deren Ausgang e über eine Steuerleitung SL an den Regeleingang ri des Polarisationsstellgliedes PTF angeschlossen ist. Zur Bewertung der empfangenen elektrischen Signale 35 weist die Regeleinheit CU beispielsweise eine Meß- und Bewertungseinheit MBU auf.

In der optischen Signalerzeugungseinheit OSU wird ein optisches Signal os erzeugt, wobei das optische Signal als ein eine konstante Frequenz aufweisendes optisches „Weißlichtsignal“ oder ein optisches Pulssignal ausgestaltet ist. Das optische Signal os wird an die optische Splittereinheit SU übertragen und in ein erstes und zweites Trägersignal ts_1, ts_2 aufgeteilt. Hierbei weisen das erste und zweite Trägersignal ts_1, ts_2 dieselbe Frequenz f_1, f_2 auf. Alternativ können zwei getrennte optische Signalerzeugungseinheiten OSU_{1,2} – in Figur 1 nicht dargestellt – vorgesehen werden, mit deren Hilfe ein erstes und zweites Trägersignal ts_1, ts_2 erzeugt werden, die eine um eine Differenzfrequenz Δf verschobene erste und zweite Frequenz f_1, f_2 aufweisen. Das erste Trägersignal ts_1 wird an die erste Modulatoreneinheit MU1 und das zweite Trägersignal ts_2 an die zweite Modulatoreneinheit MU2 übertragen.

In der ersten Dateneinheit D1 wird ein erstes Datensignal ds₁ in einem ersten Datenformat – beispielsweise im Return-to-Zero-Datenformat (RZ) – erzeugt, das von der ersten Dateneinheit D1 an die erste Modulatoreneinheit MU1 geführt wird. Durch die erste Modulatoreneinheit MU1 wird das erste Datensignal ds₁ auf ein Seitenband des ersten Trägersignals ts_1 moduliert und hierdurch ein erstes Seitenbandmoduliertes Signal ms₁ erzeugt, das über die erste optische Seitenbandfiltereinheit OSBF1 und den Polarisationskontroller PC an den ersten Eingang i1 des Polarisationsmultiplexers PM gesteuert wird.

Analog hierzu wird in der zweiten Dateneinheit D2 ein zweites Datensignal ds₂ ebenfalls im ersten Datenformat oder in einem zweiten Datenformat – beispielsweise den Non-Return-to-Zero-Datenformat (NRZ) – erzeugt und von der zweiten Dateneinheit D2 an die zweite Modulatoreneinheit MU2 übertragen. In der zweiten Modulatoreneinheit MU2 wird das zweite Datensignal ds₂ auf ein Seitenband des zweiten Trägersignals ts_2 modu-

liert und somit ein zweites Seitenbandmoduliertes Signal ms2 gebildet, das über die zweite optische Seitenbandfiltereinheit OSBF1 und optional über das Verzögerungselement D an den zweiten Eingang i2 des Polarisationsmultiplexers PM geführt wird.

Die Modulation des ersten und zweiten Trägersignals ts1,ts2 mit dem ersten bzw. zweiten Datensignal ds1,ds2 kann hierbei unter Verwendung einer Einseitenbandmodulation oder einer Restseitenbandmodulation erfolgen. Die Durchlaßcharakteristika der ersten und zweiten elektrischen Seitenbandfiltereinheit ESBF1,ESBF2 bzw. der ersten und zweiten optischen Seitenbandfiltereinheit OSBF1,OSBF2 sind an das jeweilige verwendete Seitenbandmodulationsverfahren angepaßt. Hierbei werden mit Hilfe der ersten und zweiten elektrischen Seitenbandfiltereinheit ESBF1,ESBF2 bzw. der ersten und zweiten optischen Seitenbandfiltereinheit OSBF1,OSBF2 das für die Übertragung des ersten bzw. zweiten Datensignals ds1,ds2 erforderliche Seitenband vor oder nach der Modulation ausgefiltert, wobei die Seitenbandmodulation beispielsweise mit Hilfe eines Hilbert-Transformators realisiert ist - siehe hierzu die Veröffentlichung von Mike Sieben, et al., „Optical Single Sideband Transmission at 10 Gb/s Using Only Electrical Dispersion Compensation“, Journal of Lightwave Technology, Vol. 17, No. 10, October 1999.

Bei der Erzeugung des ersten und zweiten Seitenbandmodulierten Signals ms1, ms2 wird deren Polarisation derart voreingestellt, daß sie zueinander orthogonal polarisiert sind und somit im Polarisationsmultiplex über die optische Übertragungsfaser OF zur Empfangsanordnung EA übertragen werden können. Zur Orthogonalisierung der Polarisation des ersten und zweiten modulierten Signals ms1, ms2 können beispielsweise empfangsseitig Polarisationskontroller PC vorgesehen sein. Werden das erste und zweite Trägersignal ts1,ts2 durch zwei getrennte optische Signalerzeugungseinheiten OSU erzeugt, so ist ein Polarisationskontroller PC nicht zwingend erforder-

lich, da mit Hilfe von modernen optischen Signalerzeugungseinheiten OSU bereits optische Signale mit einer vorgegebenen Polarisation erzeugt werden können.

5 Im Ausführungsbeispiel sorgt der Polarisationskontroller PC für ein orthogonales Polarisationsverhältnis zwischen dem ersten und zweiten Seitenbandmodulierten Signalen ms1, ms2, wobei alternativ oder zusätzlich eine Anordnung eines Polarisationskontrollers PC zwischen der zweiten optischen Seitenbandfiltereinheit OSFB2 und dem Polarisationsmultiplexer erfolgen kann. Durch das Verzögerungselement D wird optional das zweite Seitenbandmodulierte Signal ms2 verzögert, wodurch das erste und zweite Seitenbandmodulierte Signal ms1, ms2 sendeseitig dekorreliert werden können.

15 Das erste und zweite Seitenbandmodulierte Signal ms1, ms2 werden mit Hilfe des Polarisationsmultiplexers PM zu einem optischen Multiplexsignal oms zusammengefasst, das am Ausgang e des Polarisationsmultiplexers PM in die optische Übertragungsfaser OF eingespeist wird. Im Anschluß werden das erste und zweite Seitenbandmodulierte Signal ms1, ms2 in Form des optischen Multiplexsignals oms im Polarisationsmultiplex über die optische Übertragungsfaser OF übertragen.

25 In der Empfangsanordnung EA wird das optische Multiplexsignal oms an den Eingang i des Polarisationsstellgliedes PTF geführt, mit dessen Hilfe die Polarisation des übertragenen ersten und/oder zweiten Seitenbandmodulierten Signals ms1, ms2 innerhalb des optischen Multiplexsignals oms geregelt. 30 werden kann. Nach der Einstellung der Polarisation des übertragenen ersten und/oder zweiten modulierten Signals ms1, ms2 innerhalb des optischen Multiplexsignales oms wird das optische Multiplexsignal oms an den Eingang i des Polarisationssplitters PBS geführt, der das optische Multiplexsignal oms 35 in das erste Seitenbandmodulierte Signal ms1* und das zweite Seitenbandmodulierte Signal ms2* aufspaltet. Die Genauigkeit der Aufspaltung des optischen Multiplexsignals oms in das

erste seitenbandmodulierte und das zweite seitenbandmodulierte Signal $ms1^*$, $ms2^*$ ist abhängig von der Orthogonalität der Polarisation der beiden Signale $ms1^*$, $ms2^*$.

- 5 Das erste seitenbandmodulierte Signal $ms1^*$ wird am ersten Ausgang e1 des Polarisationssplitters PSB abgegeben und an den ersten opto-elektrischen Wandler RX1 gesteuert. Analog hierzu wird am zweiten Ausgang e2 des Polarisationssplitters PBS das zweite seitenbandmodulierte Signal $ms2^*$ abgegeben und
10 an den zweiten opto-elektrischen Wandler RX2 übertragen.

Das rückgewonnene erste und zweite seitenbandmodulierte Signal $ms1^*$, $ms2^*$ werden durch den ersten bzw. zweiten opto-elektrischen Wandler RX1, RX2 in ein erstes bzw. zweites elektrisches Signal $es1, es2$ umgesetzt, das an die erste bzw.
15 zweite Filtereinheit FU1, FU2 gesteuert wird.

Mit Hilfe der ersten und zweiten Filtereinheit FU1, FU2 wird ein ausgewählter spektraler Anteil des ersten und des zweiten
20 elektrischen Signals $es1, es2$ heraus gefiltert und das gefilterte erste und zweite elektrische Signal $es1_f, es2_f$ über die erste und zweite Regelleitung RL1, RL2 an die Regeleinheit CU übertragen.

- 25 In der Regeleinheit CU wird mit Hilfe der Meß- und Bewertungseinheit MBU die Amplitude des gefilterten ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals $es1_f, es2_f$ bestimmt und die Amplitude/n anschließend bewertet. Ausgehend von dem Bewertungsergebnis wird mindestens ein Regelsignal rs zur Regelung des Polarisationsstellgliedes PTF abgeleitet, das über die Steuerleitung SL an den Regeleingang ri des Polarisationsstellgliedes PTF geführt wird. Zur Bildung des Regelsignals rs kann beispielsweise die Spannungsamplitude oder die Stromamplitude oder die Leistungsamplitude des gefilterten
30 ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals $es1_f, es2_f$ gemessen und ausgewertet werden. Hierbei wird durch das über das Regelsignals rs gesteuerte Polarisationsstellglied PTF
35

die Polarisation des optischen Multiplexsignales oms derart verändert, dass die durch die Meß- und Bewertungseinheit MBU der Regeleinheit CU ermittelte Amplitude des gefilterten ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals $es1_f, es2_f$ minimal wird. Dies bedeutet, dass die Empfangsanordnung EA bestehend aus dem Polarisationsstellglied PTF und dem Polarisationssplitter PBS zur Trennung des ersten seitenbandmodulierten Signals $ms1$ und des zweiten seitenbandmodulierten Signals $ms2$ optimal eingestellt ist.

10

Die Regelung des Polaristionsstellgliedes PTF kann hierbei auf verschiedene Arten erfolgen, beispielsweise durch Pilotenverfahren, Korrelationsverfahren sowie Interferenzverfahren. Besonders bevorzugt ist eine Regelung gemäß dem Frequenzversatzverfahren (siehe hierzu die Lehre der deutschen Patentanmeldung 10147892.5). Bei einer derartigen Regelung weisen das erste und zweite Trägersignal $ts1, ts2$, des ersten und zweiten seitenbandmodulierten Signals $ms1, ms2$ eine Differenzfrequenz Δf auf. Aufgrund der quadrierenden Eigenschaften des ersten und zweiten opto-elektrischen Wandlers RX1, RX2 wird bei der Differenzfrequenz Δf ein spektraler Anteil erzeugt. Bei optimaler Einstellung des Polarisationsstellgliedes PTF weisen diese spektralen Anteile des ersten und zweiten elektrischen Signals $es1, es2$ ein Minimum auf bzw. sind nicht mehr meßbar. Somit werden durch die erste und zweite Filtereinheit FU1, FU2 dieser relevante Spektralanteil bei der Differenzfrequenz Δf des ersten und zweiten elektrischen Signals $es1, es2$ ausgefiltert und durch die Meß- und Bewertungseinheit MBU die Amplitude des gefilterten ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals $es1_f, es2_f$ bestimmt. Die erste und zweite Filtereinheit FU1, FU2 sind hierzu beispielsweise als Bandpaßfilter mit einer der Differenzfrequenz Δf entsprechenden Mittenfrequenz f_M (im betrachteten Ausführungsbeispiel beispielsweise $f_M = 10 \text{ GHz}$) und einer Bandbreite von beispielsweise 1 GHz um die Differenzfrequenz Δf ausgestaltet. Typische Werte für die Differenzfrequenz Δf des

ersten und zweite Trägersignals ts_1, ts_2 liegen im Bereich größer ein Gigahertz.

Durch die in Figur 1 dargestellte Anordnung wird somit eine
5 exakte empfangsseitige Trennung der zueinander orthogonal po-
larisiert übertragenen ersten und zweiten Seitenbandmodulier-
ten Signale ms_1, ms_2 realisiert.

In den Figuren 2a bis 2d sind beispielhaft in mehreren Dia-
10 grammen die Leistungsspektren bzw. -verteilungen PSD der ers-
ten und zweiten optischen Seitenbandmodulierten Signale $ms_1,$
 ms_2 über der Frequenz f aufgetragen. Dies ist beispielhaft
für die Übertragung von zwei optischen, im NRZ-Datenformat
vorliegenden Datensignalen ds_1, ds_2 unter Verwendung des Ein-
15 Seitenbandmodulationverfahrens mit einer Übertragungsrate von
je 10 Gbit/s dargestellt. Das erste optische Seitenbandmodu-
lierte Signal ms_1 ist jeweils durch eine durchgezogene Linie
und das zweite optische Seitenbandmodulierte Signal ms_2 je-
weils durch eine punktierte Linie angedeutet.

20 In Figur 2a ist beispielhaft die Leistungsverteilung PSD über
der Frequenz f für ein erstes und zweites Seitenbandmodulier-
tes Signal ms_1, ms_2 dargestellt, deren erstes bzw. zweites
Trägersignal ts_1, ts_2 dieselbe Frequenz $f_T = f_1 = f_2$ aufweisen.
25 Ferner sind zur Übertragung des ersten und zweiten Datensig-
nals ds_1, ds_2 zwei zueinander spiegelsymmetrische Einseiten-
bänder gewählt.

30 In Figur 2b weisen das erste und zweite Seitenbandmodulierte
Signal ms_1, ms_2 ebenfalls ein erstes bzw. zweites Trägersig-
nal ts_1, ts_2 mit derselben Frequenz $f_T = f_1 = f_2$ auf, wobei die
das erste und Datensignal ds_1, ds_1 auf das identische Einsei-
tenband moduliert sind.

35 Figur 2c zeigt die Leistungsverteilung PSD des ersten und
zweiten optischen Seitenbandmodulierten Signals ms_1, ms_2 über
der Frequenz f für den Fall einer Verschiebung der Frequenzen

des ersten und zweiten Trägersignals ts_1, ts_2 um ein Differenzfrequenz Δf und Figur 2d zeigt das resultierende Spektrum für den in Figur 2c dargestellten Anwendungsfall.

- 5 In Figur 3 ist die Amplitudenverlauf AV in logarithmischen Maßstab [dB] des ermittelten spektralen Anteils, beispielsweise der Leistungsamplitude des gefilterten ersten und/oder elektrischen Signals es_{1F}, es_{2F} , bei Vorliegen einer Differenzfrequenz $\Delta f = 10$ GHz der beiden Trägersignale ts_1, ts_2 in
10 Abhängigkeit des Polarisationswinkels pa in einem Diagramm dargestellt. An der Abszisse des Diagramms ist der Polarisationswinkel pa und an der Ordinate die Amplitude P angetragen. Der Amplitudenverlauf AV weist ein Maximum MAX bei einem Polarisationswinkel von $pa = 45^\circ$ auf, d.h. bei einer Polari-
15 sationsverschiebung zwischen dem ersten und zweiten elektrischen Signal es_1, es_2 von 45° weist die bei der Differenzfrequenz Δf aufgrund der quadrierenden Eigenschaft des ersten und/oder zweiten opto-elektrischen Wandlers RX1, RX2 hervorgerufene spektrale Anteil ein Maximum MAX auf. Dieses Maximum
20 MAX des spektralen Anteils bei der Differenzfrequenz Δf nimmt sowohl mit zunehmender als auch mit abnehmender Polarisationsverschiebung zwischen dem ersten und zweiten elektrischen Signal es_1, es_2 ab und erreicht ein erstes Minimum MIN_1 bei 0° sowie ein zweites Minimum MIN_2 bei 90° . In dem ersten
25 und zweiten Minimum MIN_1, MIN_2 sind das innerhalb des optischen Modulationssignals oms übertragene erste und zweite Seitenbandmodulierte Signal ms_1, ms_2 ideal orthogonal polarisiert und können somit nahezu perfekt mit Hilfe des Polarisationsplitters PBS getrennt werden. Hierbei ist bei Auftreten
30 des ersten Minimums MIN_1 bei einem Polarisationswinkel von $pa = 0^\circ$ das modulierte Signal der einen Polarisation, beispielsweise das erste modulierte Signal ms_1 , und bei Auftreten des zweiten Minimums MIN_2 bei einem Polarisationswinkel von $pa = 90^\circ$ das modulierte Signal der anderen Polarisation, beispielsweise das zweite modulierte Signal ms_2 , perfekt erfaßt.
Alle anderen Polarisationswinkel pa sind bei der Regelung un-

erwünscht und führen bei der Trennung des ersten und zweiten modulierten Signals ms_{1,ms2} zu Übersprechen.

Durch die mit Hilfe des in der Sendeanordnung SA optional vorgesehenen Verzögerungselementen D durchgeführte Verzögerung beispielsweise des zweiten Seitenbandmodulierten Signals ms₂ wird das in Figur 3 dargestellte Regelkriterium noch kontrastreicher, wodurch ein noch schärferes Regelsignal rs in der Regeleinheit CU gebildet werden kann. Hierzu können wahlfreie das erste oder das zweite Seitenbandmodulierte Signal ms_{1,ms2} mit Hilfe eines oder weiterer Verzögerungselemente D verzögert werden.

Zusätzlich können sowohl das erste und/oder das zweite gefilterte elektrische Signal es_{1f,es2f} zur Bildung zumindest eines Regelsignals rs ausgewertet werden.

Darüber hinaus ist eine zusätzliche Filterung des ersten und zweiten elektrischen Signals es_{1, es2} bei weiteren Frequenzen neben der Differenzfrequenz Δf mit Hilfe der ersten und zweiten Filtereinheit FU_{1, FU2} oder weiterer Filtereinheiten möglich, um hierdurch weitere Informationen über die Polarisierung des ersten und zweiten elektrischen Signals es_{1,es2} zu erhalten. Diese weiteren Informationen können anschließend zur Erhöhung des Kontrastes des mindestens einen Regelsignals rs weiterverarbeitet werden.

Zur empfangsseitigen Unterscheidung des mit Hilfe des Polarisationsplitters PBS getrennten ersten und zweiten elektrischen Signals es_{1,es2} können das erste und das zweite Datensignal ds_{1,ds2} mit unterschiedlichen Übertragungsbitraten übertragen werden oder alternativ kann sendeseitig dem ersten und/oder dem zweiten Trägersignal ts_{1,ts2} oder dem ersten und zweiten modulierten Signal ms_{1,ms2} mindestens ein Pilottonsignal überlagert werden. Hierbei wird entweder durch die empfangsseitige Bestimmung der Übertragungsbitrate des jeweiligen elektrischen Signals es_{1,es2} oder durch die empfangs-

seitige Identifizierung des Pilottonsignals das erste und zweite elektrische Signal es1,es2 als solches identifiziert und kann anschließend signalspezifisch weiterverarbeitet werden.

5

Darüber hinaus ist eine empfangsseitige Unterscheidung des mit Hilfe des Polarisationssplitters PBS getrennten ersten und zweiten elektrischen Signals es1,es2 durch die Verwendung von unterschiedlichen Übertragungsbitraten für das erste und zweite Datensignal ds1,ds2 möglich. Alternativ können auch das erste und zweite Datensignal ds1, ds2 zu empfangsseitigen Unterscheidungszwecken in unterschiedlichen Datenformaten, beispielsweise RZ und NRZ, übertragen werden.

10

15 Zur weiteren Steigerung der Bandbreiteneffizienz des optischen Übertragungssystems OTS können Wellenlängenmultiplex-technologien eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Übertragung von mindestens einem ersten und zweiten Datensignal (ds1,ds2) im Polarisationsmultiplex in

5 einem optischen Übertragungssystem (OTS),

- bei dem in einem ersten Schritt sendeseitig das erste Da-
tensignal (ds1) auf ein Seitenband (SB1) eines ersten Trä-
gersignals (ts) zur Erzeugung eines ersten seitenbandmodu-
liertes Signals (ms1) und das zweite Datensignal (ds2) auf
10 ein Seitenband (SB2) eines zweiten Trägersignals (ts) zur
Erzeugung eines zweiten seitenbandmodulierten Signals (ms2)
moduliert wird,

- bei dem in einem zweiten Schritt das erste und zweite sei-
tenbandmodulierte Signal (ms1,ms2) zueinander orthogonal
15 polarisiert sowie zu einem optischen Multiplexsignal (oms)
zusammengefasst und übertragen werden,

- bei dem in einem dritten Schritt empfangsseitig das opti-
sche Multiplexsignal (oms) über ein Polarisationsstellglied
(PTF) an einen Polarisationssplitter (PBS) geführt wird,

20 der das übertragene optische Multiplexsignal (oms) in das
erste und zweite modulierte Signal (ms1,ms2) auftrennt,

- bei dem in einem vierten Schritt das erste seitenbandmodu-
lierte Signal (ms1) in ein erstes elektrisches Signal (es1)
und/oder das zweite seitenbandmodulierte Signal (ms2) in
25 ein zweites elektrisches Signal (es2) umgesetzt werden,

- bei dem in einem fünften Schritt das erste und/oder das
zweite elektrischen Signal (es1,es2) bewertet wird und ab-
hängig davon mindestens ein Regelsignal (rs) zur Regelung
des Polarisationsstellgliedes (PTF) abgeleitet wird.

30

2. Verfahren nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß die Seitenbandmodulation als Einseitenbandmodulation oder
als Restseitenbandmodulation ausgestaltet ist.

35

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß bei einem sich von dem ersten Trägersignal (ts1) um eine Differenzfrequenz (Δf) unterscheidenden zweiten Trägersignal (ts2) zur Bewertung des ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals (es1, es2) der spektrale Anteil des ersten
5 und/oder des zweiten elektrischen Signals (es1, es2) bei der Differenzfrequenz (Δf) ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,

10 daß die Amplitude (P) des ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals (es1, es2) bei der Differenzfrequenz (Δf) auf ein Minimum (MIN_1, MIN_2) geregelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4,

15 dadurch gekennzeichnet,
daß als Differenzfrequenz (Δf) ein Wert größer ein Gigahertz gewählt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

20 dadurch gekennzeichnet,
daß das erste oder zweite Seitenbandmodulierte Signal (ms1, ms2) sendeseitig zur Dekorrelation verzögert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

25 dadurch gekennzeichnet,
daß zur Unterscheidung des ersten und zweiten elektrischen Signals (es1, es2) sendeseitig dem ersten und/oder dem zweiten Trägersignal (ts1, ts2) oder Seitenbandmodulierten Signal (ms1, ms2) mindestens ein Pilottonsignal überlagert wird.

30 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß zur Unterscheidung des ersten und zweiten elektrischen Signals (es1, es2) das erste und das zweite Datensignal
35 (ds1, ds2) mit unterschiedlichen Übertragungsbitraten übertragen werden.

- 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß zur Unterscheidung des ersten und zweiten elektrischen
Signals (es1,es2) das erste und das zweite Datensignal
5 (ds1,ds2) in unterschiedlichen Datenformaten übertragen wer-
den.
- 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
10 daß das optische Übertragungssystem (OTS) im Wellenlängenmul-
tiplex (WDM) betrieben wird.

1/3.

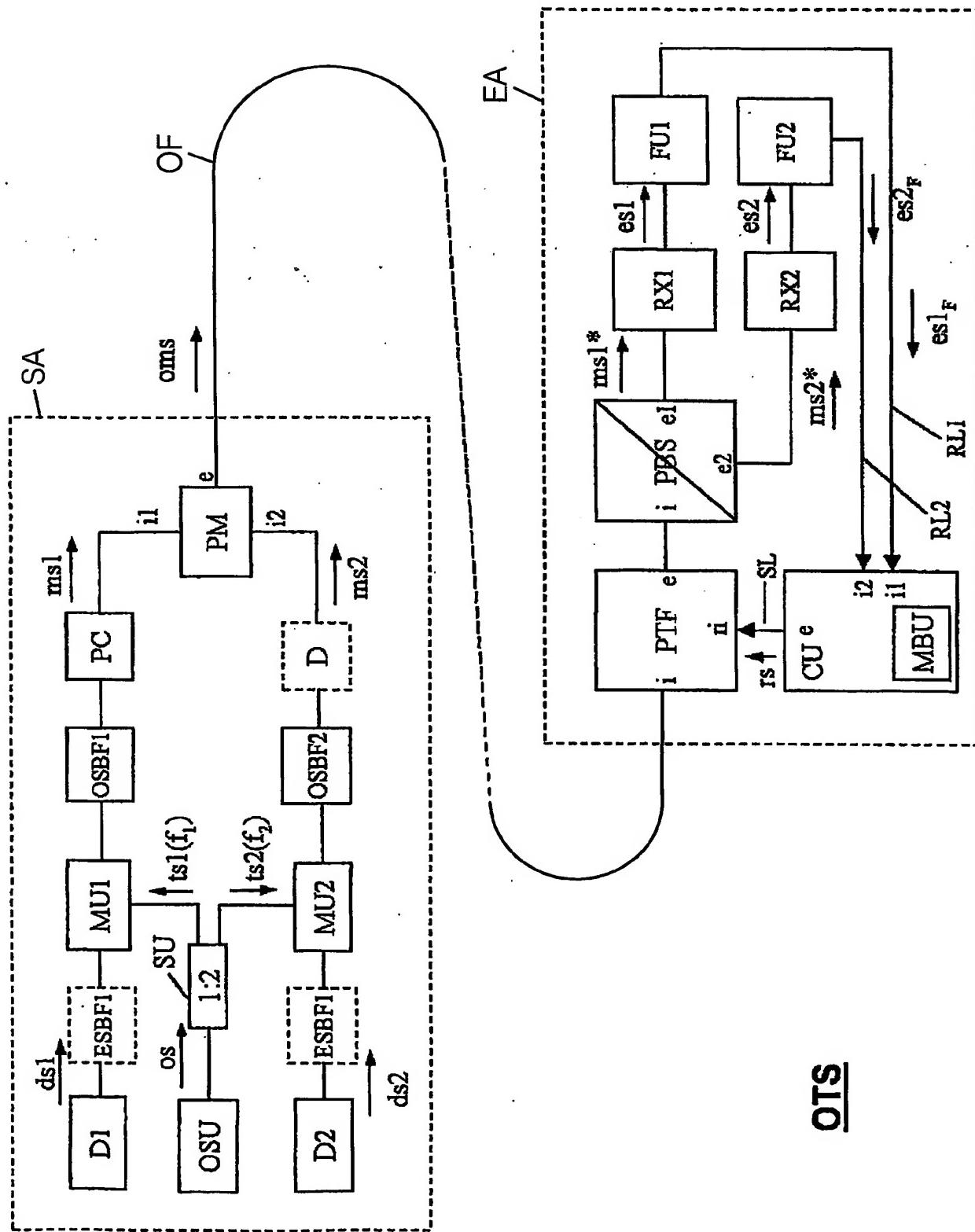


FIG 1

2/3

FIG 2A

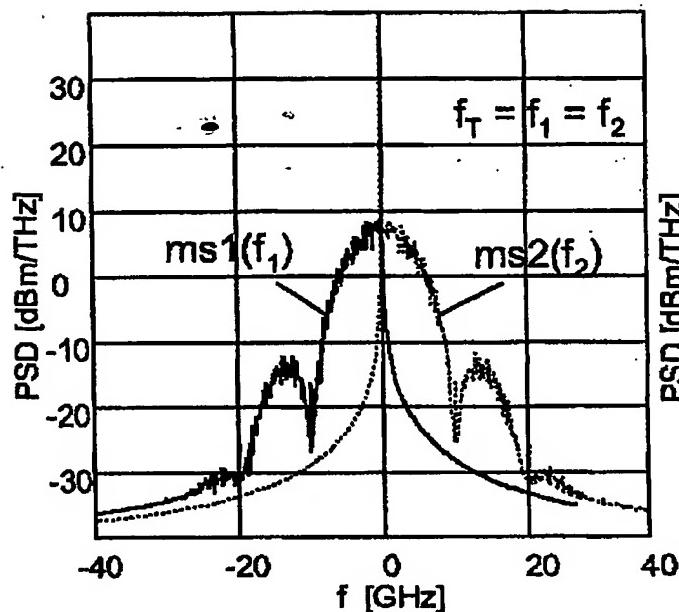


FIG 2B

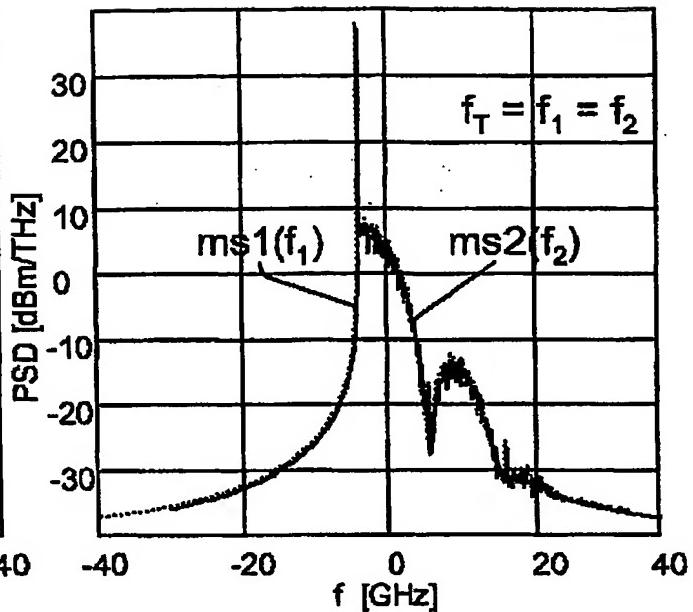


FIG 2C

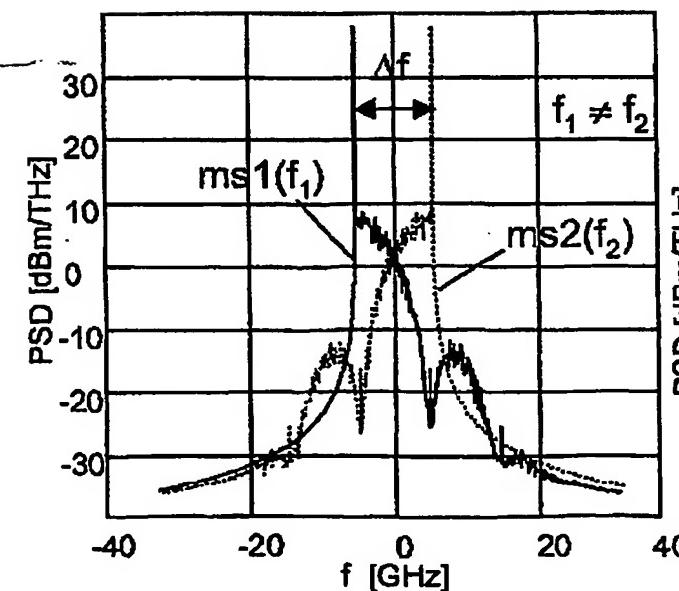
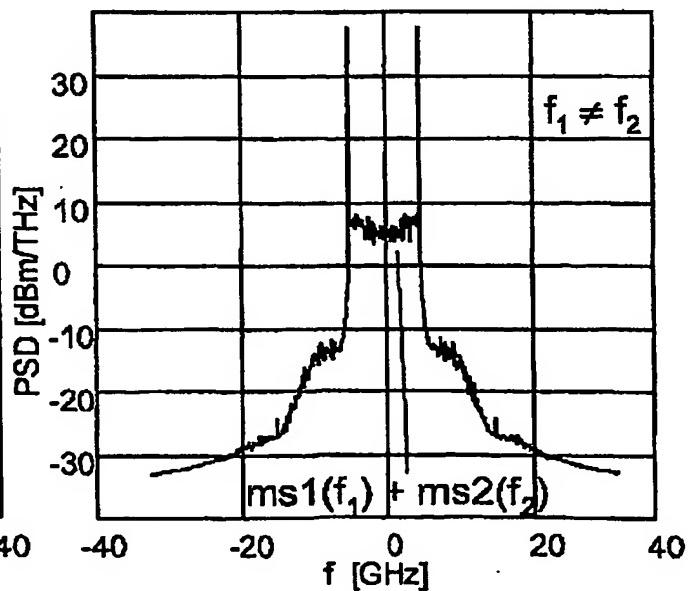
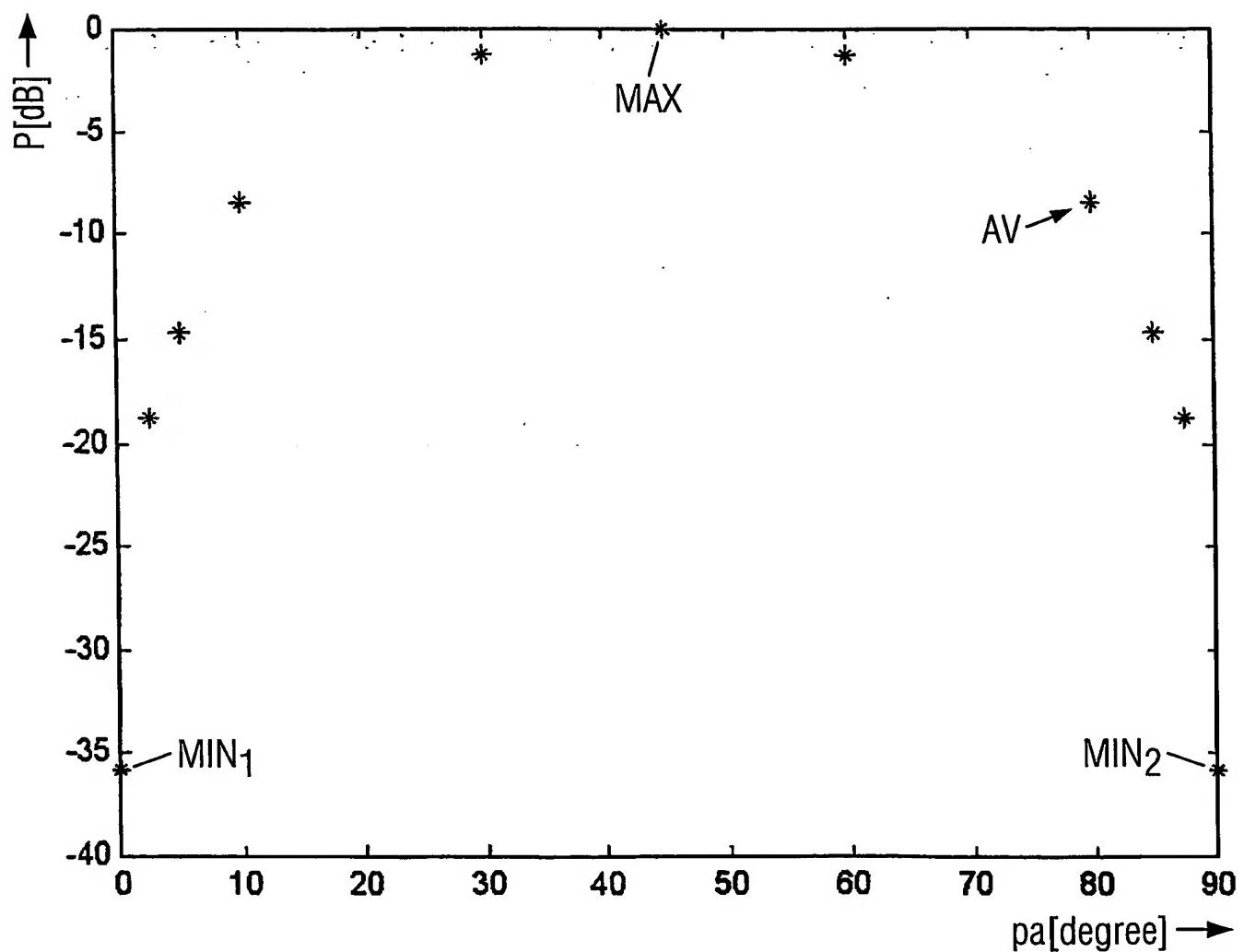


FIG 2D



3/3

FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 02272

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H04J14/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04J H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	<p>HEISMANN F ET AL: "AUTOMATIC POLARISATION DEMULTIPLEXER FOR POLARISATION-MULTIPLEXED TRANSMISSION SYSTEMS" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 29, no. 22, 28 October 1993 (1993-10-28), pages 1965-1966, XP000421562 ISSN: 0013-5194 page 1965, left-hand column, paragraph 1 -page 1966, left-hand column, paragraph 3; figure 1</p> <p>---</p> <p style="text-align: center;">-/-</p>	1-10

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 January 2004

Date of mailing of the international search report

03/02/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Roldán Andrade, J

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	<p>BIGO S ET AL: "10.2Tbit/s (256x42.7Gbit/s PDM/WDM) transmission over 100km TeraLight fiber with 1.28bit/s/Hz spectral efficiency" OPTICAL FIBER COMMUNICATION CONFERENCE. (OFC). TECHNICAL DIGEST POSTCONFERENCE EDITION. ANAHEIM, CA, MARCH 17 - 22, 2001, TRENDS IN OPTICS AND PHOTONICS SERIES. TOPS. VOLUME 54, WASHINGTON, WA: OSA, US, vol. 1 OF 4, 17 March 2001 (2001-03-17), pages PD251-PD253, XP010545710 ISBN: 1-55752-655-9 page PD25-1, paragraph 1 -page PD25-2, paragraph 1; figure 1</p> <p>---</p>	1-10
E	<p>EP 1 345 347 A (KDDI SUBMARINE CABLE SYSTEMS I) 17 September 2003 (2003-09-17) paragraph '0002! - paragraph '0004! paragraph '0006! - paragraph '0012! paragraph '0015! - paragraph '0023! paragraph '0025! - paragraph '0027! paragraph '0031! - paragraph '0036!; figures 1,3 paragraph '0040! - paragraph '0047!; figures 8,9 paragraph '0055! - paragraph '0069!; figures 10-12</p> <p>---</p>	1-6,10
P,X	<p>US 6 580 535 B1 (SCHOENFELDER THORSTEN) 17 June 2003 (2003-06-17) column 2, line 15 - line 52 column 3, line 16 - line 58; figure 1 column 6, line 23 -column 8, line 19; figures 3,4</p> <p>---</p>	1,3-5, 7-10
A	<p>WO 02 060096 A (AXE INC ;RAO HEMONT (US); JACOB JOHN (US); LAGASSE MICHAEL (US)) 1 August 2002 (2002-08-01) page 2, paragraph 8 page 4, paragraph 14 -page 5, paragraph 20 page 7, paragraph 30 -page 8, paragraph 37; figures 1,2 page 9, paragraph 40 -page 11, paragraph 51 page 12, paragraph 53 -page 13, paragraph 58; figure 4 page 14, paragraph 64 -page 16, paragraph 71</p> <p>-----</p>	1,3-5, 7-10

Information on patent family members

International application No

PCT/DE 002272

Patent document cited in search report	Publication date		Patent family member(s)		Publication date
EP 1345347	A	17-09-2003	JP 2003338805 A EP 1345347 A2 US 2003175033 A1		28-11-2003 17-09-2003 18-09-2003
US 6580535	B1	17-06-2003	NONE		
WO 02060096	A	01-08-2002	EP 1374452 A2 WO 02060096 A2		02-01-2004 01-08-2002

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationale Patentzeichen

PCT/DE 00 2272

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H04J14/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H04J H04B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	<p>HEISMANN F ET AL: "AUTOMATIC POLARISATION DEMULTIPLEXER FOR POLARISATION-MULTIPLEXED TRANSMISSION SYSTEMS" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, Bd. 29, Nr. 22, 28. Oktober 1993 (1993-10-28), Seiten 1965-1966, XP000421562 ISSN: 0013-5194 Seite 1965, linke Spalte, Absatz 1 -Seite 1966, linke Spalte, Absatz 3; Abbildung 1</p> <p style="text-align: center;">-/-</p>	1-10

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfändischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfändischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

27. Januar 2004

03/02/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Roldán Andrade, J

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	<p>BIGO S ET AL: "10.2Tbit/s (256x42.7Gbit/s PDM/WDM) transmission over 100km TeraLight fiber with 1.28bit/s/Hz spectral efficiency"</p> <p>OPTICAL FIBER COMMUNICATION CONFERENCE. (OFC). TECHNICAL DIGEST POSTCONFERENCE EDITION. ANAHEIM, CA, MARCH 17 - 22, 2001, TRENDS IN OPTICS AND PHOTONICS SERIES. TOPS. VOLUME 54, WASHINGTON, WA: OSA, US, Bd. 1 OF 4, 17. März 2001 (2001-03-17), Seiten PD251-PD253, XP010545710 ISBN: 1-55752-655-9 Seite PD25-1, Absatz 1 -Seite PD25-2, Absatz 1; Abbildung 1</p> <p>---</p>	1-10
E	<p>EP 1 345 347 A (KDDI SUBMARINE CABLE SYSTEMS I) 17. September 2003 (2003-09-17)</p> <p>Absatz '0002! - Absatz '0004!</p> <p>Absatz '0006! - Absatz '0012!</p> <p>Absatz '0015! - Absatz '0023!</p> <p>Absatz '0025! - Absatz '0027!</p> <p>Absatz '0031! - Absatz '0036!;</p> <p>Abbildungen 1,3</p> <p>Absatz '0040! - Absatz '0047!;</p> <p>Abbildungen 8,9</p> <p>Absatz '0055! - Absatz '0069!;</p> <p>Abbildungen 10-12</p> <p>---</p>	1-6,10
P,X	<p>US 6 580 535 B1 (SCHOENFELDER THORSTEN) 17. Juni 2003 (2003-06-17)</p> <p>Spalte 2, Zeile 15 - Zeile 52</p> <p>Spalte 3, Zeile 16 - Zeile 58; Abbildung 1</p> <p>Spalte 6, Zeile 23 -Spalte 8, Zeile 19;</p> <p>Abbildungen 3,4</p> <p>---</p>	1,3-5, 7-10
A	<p>WO 02 060096 A (AXE INC ;RAO HEMONT (US); JACOB JOHN (US); LAGASSE MICHAEL (US)) 1. August 2002 (2002-08-01)</p> <p>Seite 2, Absatz 8</p> <p>Seite 4, Absatz 14 -Seite 5, Absatz 20</p> <p>Seite 7, Absatz 30 -Seite 8, Absatz 37;</p> <p>Abbildungen 1,2</p> <p>Seite 9, Absatz 40 -Seite 11, Absatz 51</p> <p>Seite 12, Absatz 53 -Seite 13, Absatz 58;</p> <p>Abbildung 4</p> <p>Seite 14, Absatz 64 -Seite 16, Absatz 71</p> <p>-----</p>	1,3-5, 7-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die ZUR selben Patentfamilie gehören

Internationale Anmeldenr.

PCT/DE 00 2272

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1345347	A	17-09-2003	JP	2003338805 A		28-11-2003
			EP	1345347 A2		17-09-2003
			US	2003175033 A1		18-09-2003
US 6580535	B1	17-06-2003		KEINE		
WO 02060096	A	01-08-2002	EP	1374452 A2		02-01-2004
			WO	02060096 A2		01-08-2002